

광섬유센서를 이용한 유증방전 신호검출

이준호¹, 이종길², 김상준³, 남진호⁴
¹호서대, ²국립안동대, ³전력연구원, ⁴고려대

Discharge Signal Detection in Insulating Oil using Optical Fiber sensor

June-Ho Lee¹, J. K. Lee², Sang Joon Kim³ and J. H. Nam⁴
¹Hoseo Univ., ²Andong Univ., ³KEPRI and ⁴Korea Univ.

ABSTRACT

In this paper, an optical fiber sensor(OF sensor) utilizing the principal of Sagnac interferometer was proposed to detect the discharge signals which generated from needle-sphere electrode system in insulating oil. The performance of OF sensor was checked by sinusoidal calibration signal generated by PZT acuator at 198kHz. The detected discharge signals consisted of acoustic signal and the electrical noise. The noise signal could be removed by digital low pass filter. It was demonstrated that the OF sensor in this research had a possibility to detect the discharge signals in power apparatus.

1. 서 론

부분방전은 전력기기의 절연상태에 대한 정보를 외부로 전달해주는 중요한 물리량 중 하나이기 때문에 전력설비의 진단에 부분방전의 측정기법이 널리 이용되고 있다.

음향신호를 이용한 방전신호 검출방법으로는 통상 압전재료로 만들어진 초음파센서를 이용하는 데 이 방법은 EMI나 전기적 잡음의 영향을 받지 않고 자석식 고정장치를 이용하여 원하는 부위에 설치가 용이하다는 장점을 가지고 있다. 그러나 부분방전에 의해 발생한 음향신호는 초음파센서에 까지 전달되는 과정에서 매질이나 절연구조물 등에 의해 감쇠되기 때문에 센서로부터 먼 거리의 부분방전신호를 검출하기 어렵다. 또한 음향신호가 전달되는 과정에서도 방전발생원으로부터 직접 전달되는 신호와 금속벽과 같은 다른 매질을 통하여 간접적으로 전달되는 신호가 중첩되는 경우 방전크기나 위치검출이 어려워질 수 있다.

고전압분야의 방전현상 측정에 광섬유 센서를 이용한 연구는 비교적 최근에 와서야 시작되었기 때문에 국내외적으로 발표된 연구가 많지는 않다. 호주의 T. R. Blackburn 교수 연구팀의 경우 헤테로다인(heterodyne) 방식을 적용한 Michelson 간섭계(interferometer)를 이용하여 모의변압기 탱크내에서의 방전신호를 측정하여 기존의 압전소자를 이용한 초음파센서와의 성능비교를 하였다. 그 결과 적절히 설계되어 장치된 광섬유센서의 측정결과가 감도면에서 초음파센서보다 우수하다는 결과를 발표하였다.

본 연구에서는 절연유 내의 침대구 전극계에서 발생하는 방전신호를, Sagnac 간섭계의 원리를 이용하여 자체 제작한 광섬유센서로 측정하고 신호처리를 통한 잡음감소를 수행함으로써 광섬유센서를 이용한 전력기기의 방전신호검출의 응용가능성과 앞으로의 개선점에 대해 고찰하였다.

2. 실험

본 연구에서 사용된 광섬유센서는 광간섭계의 일종인 Sagnac 간섭계의 원리를 이용한 것이다.

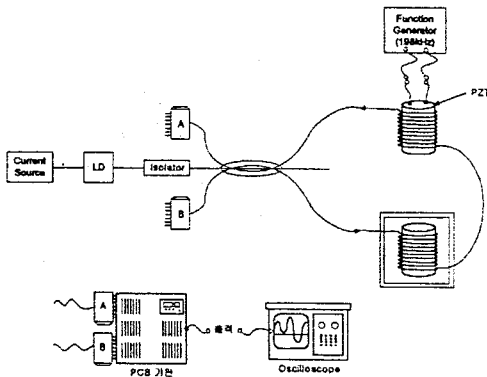


그림 1. Sagnac 간섭계를 이용한 광섬유 센서 시스템 구성

그림 1 은 센서의 개략도를 나타내고 있다. 레이저 광원은 파장 1310nm의 레이저 다이오드(LD)를 사용하였고 여기서 방출된 레이저광은 3×3 광결합계를 통하여 광Sagnac간섭계의 루프로 들어간다. 광결합계와 LD사이에는 레이저광의 역입사를 방지하기 위하여 광아이소레이터(isolator)를 삽입하였다. 광섬유는 코아의 직경이 5 μ m, 클래딩의 직경이 125 μ m인 단일모드의 광섬유를 사용하였다.

간섭계의 루프에는 초음파 차단장치내에 60m의 광섬유를 감은 원통형의 맨드릴(mandrel)이 들어가고 동일한 길이의 맨드릴이 센서로써 방전신호를 측정하게 된다. 그림 1에서 보이는 상단의 PZT는 광섬유센서의 감도와 성능을 평가하기 위하여 PZT주위로 광섬유를 감고 198kHz의 정현파신호를 인가하는 역할을 하여준다.

간섭계로부터 검출된 신호는 3×3 광결합계를 통하여 각각 A와 B 두 개의 광검출기로 입사된 후 PCB기판에 구성된 비교기를 통하여 연산되고 오실로스코프로 관찰되거나 PC로 파형데이터가 저장된다.

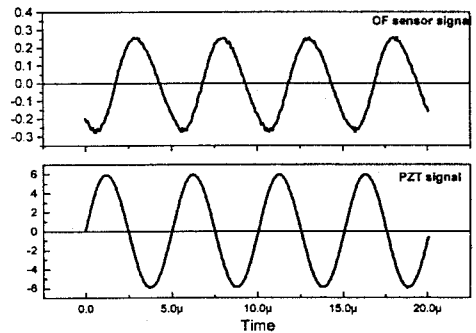


그림 2. PZT에 인가된 정현신호와 광섬유센서의 검출신호

그림 2 는 구성된 광섬유 센서가 제대로 동작을 하는지 알아보기 위하여 광섬유가 감겨진 원통형 PZT에 함수발생기에서 만들어진 198kHz 정현파를 인가하여 인위적인 변위를 가한 후 광섬유센서로 측정된 신호를 보여주고 있다. 검출된 광섬유센서 신호의 주파수가 PZT의 신호와 매우 잘 일치하고 있으며 이 결과로부터 구성된 광섬유 센서가 정상적으로 작동하는 것을 확인하였다. 광섬유센서의 신호가 PZT의 신호에 비해 약산의 시간지연을 보이는 것은 레이저광이 광섬

유를 통과하여 수광부에 도달하는 시간과 연산에 소요되는 시간 때문인 것으로 볼 수 있다.

3. 결과 및 검토

그림 3은 광섬유센서로 측정된 검출된 유증방전 신호이다. 이 검출신호에는 초음파 신호 이외 방전시 발생하는 전자파에 의한 유도잡음이 포함되어 있다. 이 신호의 주파수 성분을 분석하기 위해 FFT를 적용하여 보면 약 10MHz까지의 고주파성분이 존재함을 확인할 수 있다.

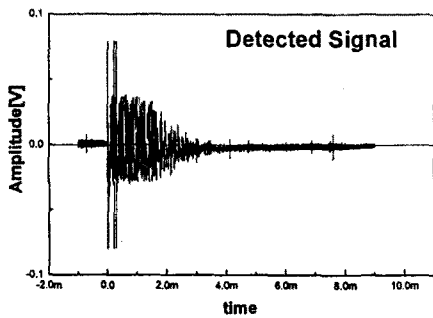


그림 3 검출된 방전신호

그림 4는 광섬유센서를 작동시키지 않은 상태에서 측정된 방전신호로써 이는 초음파 신호가 전혀없고 오로지 잡음만을 검출한 신호인데 이를 FFT처리하여 2MHz, 4MHz, 6MHz부분에서 크기성분이 커져 있음을 확인하였다. 이를 기초로 하여 검출된 방전신호로부터 잡음을 제거하기 위해 소프트웨어적인 저대역통과 디지털필터를 설계하였다. 이때 차단주파수는 500kHz와 700kHz 두가지 경우를 설정하였고 필터는 butterworth 필터를 이용하였다.

그 결과 검출된 신호로부터 잡음성분을 성공적으로 제거할 수 있었다.

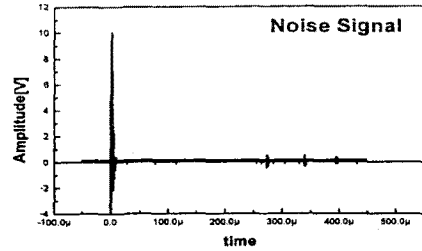


그림 4. 검출된 잡음신호

4. 결론

본 연구에서는 유증 방전신호를 광섬유센서를 이용하여 검출하기 위하여 Sagnac간섭계를 이용한 광섬유 센서를 구성하고 이를 이용하여 방전신호를 측정하였다. 그 결과 방전신호를 성공적으로 검출할 수 있음을 확인하였다. 이때 초음파 신호에 섞여 있는 전자파유도 잡음은 디지털 저대역 통과필터를 적용함으로써 제거가능하였다.

참 고 문 헌

- [1] June-Ho Lee and Tatsuki Okamoto, "A Study on the Partial Discharge Patterns from Multi-Defect Insulating Systems", J. EEIS., Vol. 3, No. 2, pp. 170-173, 1998.
- [2] A. Zargari and T. R. Blackburn, "Modified Optical Fibre Sensor for PD Detection in High-Voltage Power Equipment", Conf. Record of 1996 IEEE ISEI, Vol. 1, pp. 424-427, 1996.
- [3] Jin Ho Nam, Kwang S. Suh, Sang Jun Kim, Sung Jun Ahn and Soo Mook Lee, "Application of Optical Fiber Sensor for Insulation Diagnosis", Proceedings of ICEE'98, Vol. 1, pp. 464-467, 1998.